

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-218268
(43)Date of publication of application : 18.08.1995

(51)Int.Cl. G01C 19/56
G01P 9/04
H01L 29/84

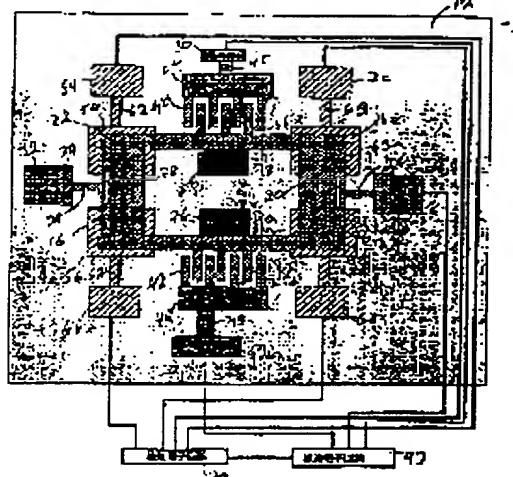
(21)Application number : 06-026017 (71)Applicant : CHARLES-STARK-DRAPER LAB INC:THE
(22)Date of filing : 28.01.1994 (72)Inventor : JONATHAN J BERNSTEIN
MARK S WEINBERG

(54) INERTIA RATE SENSOR

(57)Abstract:

PURPOSE: To heighten the S/N ratio, simplify the manufacturing process, and reduce the cost by forming driving electrodes and driven electrodes in the form of combteeth, allowing them to mesh with one another so that the capacitance region of each vibratory element is widened, and mounting a weight on each vibratory element so as to increase the mass.

CONSTITUTION: A rotating structure 16 is supported by the surface 12 of a silicon substrate 14 and equipped with vibratory elements 18, 20 installed on supporting electrodes 22, 24, and on the outer side faces of the elements 18, 20, driven electrode fingers 36, 38 in the form of combteeth are installed perpendicularly thereto and are meshed with one another in such a condition as not contacting with driving electrodes 40, 42 in the form of combteeth. To the inner side faces of the elements 18, 20, additional masses (weights) 74, 76 are attached. With a drive signal given by a driving electronic circuit 90, the rotor 16 rotates in conformity to a rate input in the direction of perpendicularly intersecting the axis stretching along deflecting members 26, 28, and the signal generated by the change of the capacitance between the above-mentioned electrodes 22, 24 and lower situated sensing electrodes 54, 56, 58, 60 is sensed by an electronic circuit 72 in the form of a rotating amount.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]	17.08.1995
[Date of sending the examiner's decision of rejection]	25.11.1997
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]	
[Date of final disposal for application]	
[Patent number]	3077077
[Date of registration]	16.06.2000
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	10-02795
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	23.02.1998
[Date of extinction of right]	

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-218268

(43) 公開日 平成7年(1995)8月18日

(51) Int. C1.⁶
G 0 1 C 19/56
- G 0 1 P 9/04
H 0 1 L 29/84

識別記号 庁内整理番号
9402-2 F
A 8932-4 M

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 26

F D

(全12頁)

(21) 出願番号 特願平6-26017

(71) 出願人 591044474

(22) 出願日 平成6年(1994)1月28日

ザ・チャールズ・スターク・ドレイパー・
ラボラトリ・インコーポレイテッド
アメリカ合衆国 02139 マサチューセッ
ツ州、ケンブリッジ、テクノロジー・スク
エア 555

(72) 発明者 ジョナサン ジェイ. バーンスタイン
アメリカ合衆国 02052 マサチューセッ
ツ州 メドフィールド ケニー ロード 8

(72) 発明者 マーク エス. ウィンバーグ
アメリカ合衆国 02192 マサチューセッ
ツ州 ニーダム ブロード メドウ ロー
ド 119

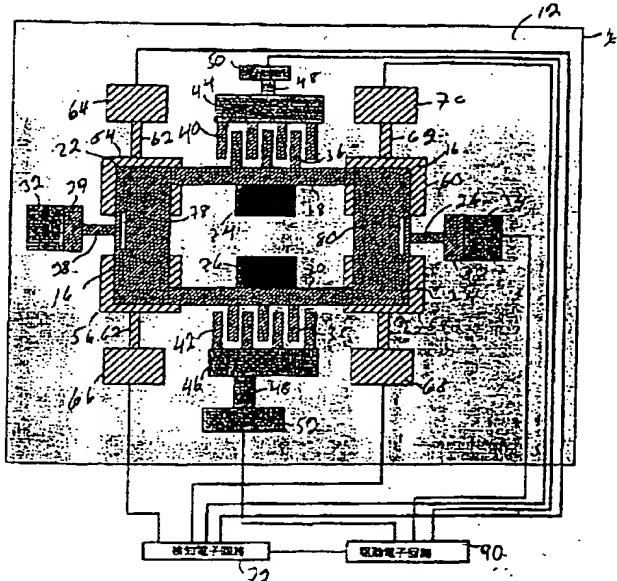
(74) 代理人 弁理士 秋元 輝雄

(54) 【発明の名称】 慣性レートセンサー

(57) 【要約】 (修正有)

【目的】 マイクロメカニカル技術手段により製造される慣性レートセンサー、詳しくは、振動チューニングフォーク・レートセンサーに関するものである。

【構成】 シリコン基板14の面12に回転構造体16が支持されていて、この回転構造体は、第1の振動要素18と第2の振動要素20とを備え、これら振動要素は、支持電極22, 24に架設され、支持されている。支持電極22, 24の両者の最も離れた端面(外側面)から、たわみ体26, 28がそれぞれの支持ピラー29, 30に延長され、これらピラーは、面電極32, 34を介して基板14の面に固定されている。回転軸は、前記のたわみ体26, 28の中心を通る軸によって構成される。振動要素18, 20の外側面には、被駆動電極フインガー36, 38がそれぞれ配置されている。これらのフインガーは、駆動電極40, 42と互いに歯状になって互い違いに入り組み合っている。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 下記の構成からなる慣性レートセンサー：第1の軸まわりを回転するように架設支持され、前記第1の軸と実質的に直交する方向へ振動するように適している重りをつけられた第1の要素；前記支持された要素から振動方向へ突出している複数の被駆動電極の組；組になっている前記複数の被駆動電極と接触せずに噛み合う複数の駆動電極の組；前記架設されている要素を介して、前記被駆動電極の組と反対の極性信号をもつ前記駆動電極の組とに接觸して、前記架設された要素の振動を誘導する振動駆動源；前記架設された要素に面する位置に配置された多数の位置センサーであり、該位置センサーと前記架設された要素との間のスペースが前記軸回りを回転する前記要素の回転で変化する多数の位置センサー；前記架設された要素に対し、前記検知電極を励磁する電気信号源；および前記軸まわりの前記要素の回転に伴い変化するを受けるために、前記多数の検知電極の少なくとも一部の検知電極に応答する信号センサー。

【請求項 2】 前記回転軸の反対側において、前記第1の架設された要素と実質的に平行に延びている第2の架設支持され、重さが付けられた振動要素を含み、該第2の振動要素は、該要素の振動を誘導するために、前記駆動源に接続する前記第1の駆動電極群に対応する第2の駆動電極群にかみ合う前記第1の被駆動電極群に対応する第2の被駆動電極を有しているものである請求項1の慣性レートセンサー。

【請求項 3】 下記の構成からなる微小構造の樹形駆動チューニングフォーク：基板と；前記基板上に構成されたアッセンブリーとの構成であって、このアッセンブリーは、以下のような要素を有しているもの；平行に位置している第1と第2の長い振動要素であって、これら振動要素は、第1と第2の支持電極により、両端部で結合されていて、平行な両要素の間を通る回転軸に対して平行に位置している第1と第2の振動要素；前記回転軸にそって、前記第1と第2の振動要素から離れて前記基板への取り付け位置に向かい、前記第1と第2の支持電極から延びている第1と第2のたわみ体であって、前記第1と第2の支持電極ならびに前記第1と第2の振動要素とを前記回転軸を軸として回転できるように構成した第1と第2のたわみ体；前記第1と第2の振動要素にそれぞれ取り付けられた第1と第2の重り；前記回転軸に直交する方向に突出した複数の被駆動電極を有する前記第1と第2の振動要素；前記第1と第2の振動要素の被駆動電極の間に重なり合うように延びている第1と第2の駆動電極であり、これら第1と第2の駆動電極は、前記基板に構造的には取り付けられているが、電気的に絶縁されている第1と第2の駆動電極；および前記支持電極の下で、前記回転軸から離れた位置で、前記基板に設かれている複数の検知電極。

【請求項 4】 前記振動要素、前記被駆動電極、前記駆動電極、前記重り、前記支持電極ならびに前記たわみ体は、導電性シリコン、導電性ポリシリコンおよび、めっき金属からなるグループから選ばれたマテリアルからなるものである請求項3の樹形駆動チューニングフォーク。

【請求項 5】 前記めっき金属は、ニッケルと金からなるグループから選ばれたものである請求項4の樹形駆動チューニングフォーク。

10 【請求項 6】 前記フレームが誘電表面シリコン基板からなり、前記駆動電極と前記たわみ体が前記基板の誘電表面に取り付けられている請求項4の構造。

【請求項 7】 前記たわみ体の取り付け部位に近接して、前記支持電極の内部に応力除去、軽減スリットが設けてある請求項4の構造。

【請求項 8】 前記複数の検知電極が前記誘電表面の下で前記シリコン基板に拡散された領域を含む請求項6の構造。

20 【請求項 9】 前記駆動回路に取り付けられ、前記たわみ体を介して、被駆動電極を励起し、前記振動要素を前記回転軸に対し直交する方向で振動させる電気駆動エネルギー源と；前記複数の検知電極と前記第1と第2の支持電極に接続し、振動時、前記振動要素に作用する慣性率に応じて、前記回転軸を軸として回転する前記第1と第2の支持電極の回転を示す検知信号源と検知信号センサーと；を含む請求項3の構造。

【請求項 10】 前記第1と第2の支持電極と、前記複数の検知電極の少なくとも一部と接続し、前記第1と第2の支持電極の回転を示す検知された信号に応答して前記第1と第2の支持電極を所定のポジションにトルクさせるトルク電気エネルギーの源を備える請求項9の構造。

【請求項 11】 下記の工程を含む慣性レートを検知するための樹形駆動チューニングフォークを製造する方法；シリコン基板を用意する工程；前記基板の面に複数の検知電極を形成する工程であって、前記電極は、互いに電気的に絶縁されていて、前記基板の面の部分を介して電気的に接觸可能なものである前記検知電極を形成する工程；前記複数の検知電極を有する前記基板の面にわたり、軸まわりを回転するたわみ体により、両端が第1と第2の支持電極により支持されている第1と第2の振動要素のアッセンブリーを支持させる工程であって、前記第1と第2の振動要素は、前記回転軸の両側にそって離れて位置し、該振動要素の一方の側に第1と第2の被駆動電極を有し、他方の側に第1と第2の質量体を有しているものである前記振動要素を支持させる工程；および前記振動要素の前記第1と第2の被駆動電極と互いに樹の歯状になってかみ合う第1と第2の駆動電極および前記第1と第2のたわみ体のための電気接点とを前記基板に形成する工程。

【請求項12】 前記振動要素のアッセンブリーの支持工程が以下の工程を含む請求項11の方法；複数の前記検知電極の上に半導体層を成長させる工程；前記成長層の面内に前記振動要素アッセンブリーを形成する工程；および前記アッセンブリーを回転させるために、前記第1と第2のたわみ体を残して、前記アッセンブリーを前記成長層から遊離させる工程。

【請求項13】 前記成長工程がシリコン層をエピタキシャル成長させる工程を含む請求の範囲12の方法。

【請求項14】 前記基板形成工程が前記基板と、前記成長層の面における前記第1と第2のたわみ体に対応するエッチングレジストがドープされた領域を作る工程を含む請求項12の方法。

【請求項15】 前記遊離の工程が前記のように形成されたアッセンブリーを区画する領域を除いて前記成長層をエッチングする工程を含む請求項12の方法。

【請求項16】 前記エッチング抵抗部分が前記成長層の面にボロンを拡散して作られる請求項14の方法。

【請求項17】 前記支持工程が前記複数の検知電極を含むシリコンの面上に、前記アッセンブリーとしてブリッジ構造を形成する工程を含む請求項11の方法。

【請求項18】 前記ブリッジ形成工程が、エッチングレジスト・ポリシリコンまたはシリコンのブリッジ構造を形成する工程を含み、駆動電極形成工程が、エッチングレジスト・ポリシリコンまたはシリコンの駆動電極を形成する工程を含む請求項17の方法。

【請求項19】 前記駆動電極形成工程と、前記ブリッジ形成工程との両者がニッケルおよび金からなるグループから選ばれた金属で、前記ブリッジ構造と駆動電極を作成する工程を含む請求項17の方法。

【請求項20】 下記の工程からなるレートセンサー用途に使用される櫛形被駆動チューニングフォーク構造体を形成する方法：平らな面を有するシリコン基板を作る工程；前記の平らな面に絶縁層開口を介して複数の検知電極を形成する工程；内部にエッチングレジスト・ディフューザントが拡散された平らな面をもつ第2のシリコン基板を作る工程；前記第1と第2の基板を平らな面同士で接合する工程；前記第1の基板の前記絶縁層の領域に延び、回転軸を中心に挟んで互いに平行な状態で間隔をおいて向き合う、電極要素で支持された振動要素を備えるアッセンブリーを前記絶縁層に形成する工程であつて、前記回転軸は、前記たわみ体を通り、前記振動要素は、それぞれの一つの側面に質量体を有し、その反対のそれぞれの側面に第1の組と第2の組として複数の被駆動電極を有しているもので、前記電極は、櫛の歯状の複数のフィンガーを有しているものであり；および前記絶縁層内に、前記アッセンブリーと機械的に分離された状態で、前記被駆動電極のフィンガーの間に入り込むフィンガーをもつ複数の駆動電極を形成する工程。

【請求項21】 前記支持工程が下記の工程を含む請求

項11の方法：平らな面を有する第2のシリコン基板にエッチングレジスト拡散層を形成する工程；前記複数の検知電極を囲む前記第1のシリコン基板にわたり誘電層を形成する工程；前記拡散層を前記第2と第1の基板それぞれの前記誘電層へボンドする工程；および前記第2のシリコン基板拡散層を選択的にエッチングすることにより、前記複数の検知電極に重なる部分の前記拡散層に前記アッセンブリーが形成される工程。

【請求項22】 前記アッセンブリーの領域に前記第2の半導体基板のすべてを実質的になくす工程を含む請求項20又は21の方法。

【請求項23】 金属化された電気接点を前記アッセンブリーに設ける工程を含む請求項22の方法。

【請求項24】 下記工程によって、前記被駆動電極および駆動電極フィンガーの少なくとも一つを形成する工程を含む請求項11または20の方法：前記アッセンブリーにおける前記駆動電極と被駆動電極形成の領域に、電気導通領域を形成する工程；および反応性イオンエッチングにより前記電気導通領域を処理し、前記駆動電極と前記被駆動電極とに分離する工程。

【請求項25】 前記第1の重り要素を、少なくとも半導体質量体に対する一端でアンカーされた少なくとも一つの部分的たわみ体を取り付け支持する少なくとも一つの支持スプリングを備えている請求項1の慣性レートセンサー。

【請求項26】 前記少なくとも一つの支持スプリングが折り曲げられて、より大きなコンプライアンスをもつ請求項25の慣性レートセンサー。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、マイクロメカニカル技術手段により製造される慣性レートセンサー、詳しくは、振動チューニングフォーク・レートセンサーに関するものである。マイクロメカニカルの慣性率（イナーシャルレート）センサーは、振動ジンバル要素を利用するダブルジンバル・システムのジャイロ構造または複数のチューニングフォーク（音叉）を利用するチューニングフォーク構造のものが知られており、インプット軸についての慣性レートを検知し、サスペンド（架設支持）された要素を対応させて動かすか、または、回転させ、慣性レートを検知できるようになっている。

【0002】

【発明が解決しようとする課題】前記の装置は、非常に微細で、デリケートな構造のものであるから、大量に低成本で製造するには、非常に問題がある。そして、ノイズレシオに対する感度を改善し、信号を増やして、前記装置の使用用途範囲を広げ、同時に、半導体製造技術において知悉されているフォトグラフ技術を用いてシリコンウエーファから前記装置を製造する製造工程における複雑さ、さらには、製造コストを低減し、製造能率を上

げる要望があり、これらが、この発明の解決課題である。

【0003】

【課題を解決するための具体的手段】この発明によれば、振動要素としての駆動電極および被駆動電極のフィンガーを櫛の歯状に互いに入り込むように組み合わせた構造の微小構造製造技術によるチューニングフォーク慣性レートセンサーを前記課題を解決するようにしたものであって、該センサーは、ノイズレシオに対する感度と信号とが改善されているのみならず、製造の複雑さをなくし、微小構造製造技術の信頼度を増すことができるものである。特に、この発明によれば、支持電極で両端が支持された第1と第2の振動要素を備え、複数の被駆動電極が前記振動要素に対し直交するように設けられているアッセンブリーが対向する前記支持電極からのたわみ体によって、半導体基板またはフレームに対し架設されている構造になっている。そして、前記被駆動電極に関連して、複数の駆動電極が前記半導体基板またはフレームの上に設けられていて、該駆動電極の櫛の歯状のフィンガーが前記振動要素の被駆動電極のフィンガーの間に接触しない状態で重なるように入り込み、容量領域を増大するように構成されている。前記した振動要素は、実質的にリニアであって、互いに平行に配置され、前記たわみ体を通る軸の両側に位置する微小構造製造技術により製造された要素である。また、前記振動要素には、互いに平行に面する内側に（外側には、被駆動電極が位置する）、付加的な質量体（重り）が微小構造製造技術によって設けられている。

【0004】この発明においては、後記するように、4つの検知及び／あるいはトルク電極が支持基体となる半導体基板または半導体フレーム（以下、フレームは、基板と同じ意義の用語として使用される）に埋設され、埋設位置は、前記振動要素の支持電極の対向両端部の下である構造が代表的なもの（この発明を限定するものではない）になっている。検知電子回路および駆動電子回路が、前記検知電極、駆動電極、前記たわみ体に電気的に接続している。駆動電子回路は、振動要素を振動させるようとするものであるが、この振動は、支持軸に直交する軸まわりのインプットレートを前記たわみ体を介して前記たわみ体まわりの支持されたアッセンブリーの回転振動へ結び付ける対向した振動である。このモーションによって、支持電極と下側の検知電極との間の容量の変化から生ずる信号が発生するもので、検知電極は、インプットレートの表示として利用し、オプショナルにトルクを与えて、支持されたアッセンブリーを中立位置へ再バランスする。検知およびトルク電極は、支持電極の下位か補償（ブループ）質量体の直下に位置する。

【0005】この発明のチューニングフォーク構造体は、駆動電極と被駆動電極との間の広い容量領域を櫛の歯状になつて互いにかみ合う駆動電極と被駆動電極のフ

ィンガーによる振動要素のモーション単位当たりの容量の高い変化と組み合わせる。さらに、この発明の製造技術により、振動要素を質量の大きいものにすることができる（付加的な補助質量体を取り付ける手段を含む）、システムをより高感度にすることができる。多数の補償（ブループ）質量体と櫛の歯状のフィンガー同士が互いに入り込み合う駆動電極と被駆動電極とを有するジャイロスコープ・トランスデューサが得られる。

【0006】この発明によれば、従来構造に比較し、製造工程が極めて簡略化、単純化されたものであり、例えば、架設されたアッセンブリーと電極類をポリシリコンまたは電気めつき処理による金属化の駆動電極フィンガーの支持電極にそわせて形成した。支持されるアッセンブリーは、拡散された検知電極をもつシリコン基板に形成されたエピタキシャル成長シリコン層を選択的にエッチングして作られる微小構造のものであり、前記拡散された検知電極は、エピタキシャル成長層へボロンを拡散し、エッチング処理により形成される。また、ウエファーボンド技術も使用され、第2のウエファーによる高度にドープされた層をボンド技術によりシリコン基板の上に被着するもので、前記第2のウエファーは、スーパーインボーズされたボロンドープ層を残してエッチングにより除去され、残された層が回転可能に支持されるアッセンブリーの構造となる。

【0007】すべての場合において、第1または下側の基板は、ボロンP+拡散で選択的に拡散され、下側に位置する検知電極が形成されるもので、ポリシリコンまたは金属の表面被膜が使用でき、ブリッジ電極形成技術も必要に応じて使用できる。

【0008】

【実施例】この発明の一つの実施例を図1に示す構造により説明する。図1に示すように、シリコン基板14の面12に回転構造体16が支持されていて、この回転構造体は、第1の振動要素18と第2の振動要素20とを備え、これら振動要素は、支持電極22、24に架設され、支持されている。支持電極22、24の両者の最も離れた端面（外側面）から、たわみ体26、28がそれぞれの支持ピラー29、30に延長され、これらピラーは、面電極32、34を介して基板14の面に固定されている。

【0009】回転軸は、前記のたわみ体26、28の中心を通る軸によって構成される。振動要素18、20の外側面には、被駆動電極フィンガー36、38がそれぞれ配置されている。これらのフィンガーは、駆動電極40、42と互いに櫛歯状になって互い違いに入り組み合っており、該駆動電極は、基板14の面12に固定の支持体44、46により支持されている。電気バス48が支持体44、46から電気接点50、52に通じている。

【0010】好ましい例がシリコンである基板14は、

その面を酸化させた二酸化シリコンのような誘電体として形成された面（層）12を有する。この誘電層12のすぐ下に検知電極54, 56, 58, 60が埋設され、インプラントされているもので、これら電極の埋設位置は、支持電極22, 24それぞれの離れた端部の直下であり、これら支持電極と、たわみ体28, 26を通る軸を回転軸とする回転体16の回転を反映する検知電極との間のギャップの変動を検知するもので、前記たわみ体は、その回転に対するたわみ抵抗を与える。振動要素18, 20が駆動電子回路90からの駆動電気信号により作動状態にセットされると、前記回転が誘導されるもので、前記駆動回路は、接点34を介して回転体16と、接点50, 52を介して駆動電極40, 42と電気的に接続し、前記回転は、図1の図面の面における軸を回転軸として、たわみ体26, 28にそう軸に直交する方向に、レートインプットに応じて回転する。検知電極54, 56, 58, 60はバイアス62を介して接点64, 66, 68, 70と電気的に接触している。これら接点は、面の層12の上に位置し、該誘電層の開口にそって施された金属化処理としてバイアス62に接触する。

【0011】検知電子回路72が電気接点とバイアスとを介して回転体16ならびに検知電極54, 56, 58, 60に接続し、該回路は、既知の技術を用いて、検知電極各々と回転体16の支持電極との間のキャパシタンスの変動を処理する。この目的のために、検知電子回路72により電極34を介して回転体16へ振動信号が送られ、対となっている電極56, 58に対する対の電極54, 60における信号を回転体16の回転インディケーションとして前記検知電子回路がディファレンシャルに検知するようになっている。また別の手段として、電極54, 56のような対の電極ワンセットを用いて、検知した回転のマグニチュードに応じて基板16へリバランストルクを加え、電極をバランスさせてよく、これには、既知の技術、例えば、米国特許出願07/479, 854号（1990年2月14日出願）；米国特許出願07/757, 706号（1991年9月11日出願）；米国特許第5, 016, 072号（1991年5月14日特許）に開示されている技術が使用できるもので、これ等の技術を開示した前記文献、特に該当米国特許公報は、ここには、添付しないが、参考文献として引用するものであり、これらは、当業者の知悉するところなので、特に、説明は省略するが、必要に応じて補足説明する用意があり、この補足説明は、要旨の変更として避けられるべきものではないことを付言する。

【0012】回転可能で、振動する回転体16による慣性レートセンサーの感度を上げるために、付加的な重り、または、質量体74, 76を被駆動電極36, 38を含むエッジから離れた振動要素18, 20の対向面に設ける、ジャイロスコープアクションの基礎メカニズム

は、振動チューニングフォークが回転するとき、補償質量体74, 76に作用するコリオリの力である。これによって質量体は、駆動共鳴振動数でアウトプット軸まわりを回転する。該質量体は、後記する回転体16の残部と同じマテリアル、または、高密度金属のような異なる金属である。支持ピラー29, 30の間の回転アッセンブリー16から応力を除くために、たわみ体28, 26が接続する電極22, 24に応力除去（軽減）スロット78, 80を設け、ポリシリコンの収縮または前記アッセンブリー16の製造に用いられる金属化により、処理の間発生する前記アッセンブリー16のマテリアル内部応力に備える。

【0013】図2から図5に、チューニングフォーク（音叉）レート検知構造の他の例を示す。図2に示されたジャイロスコープ微小機械構造は、両側に櫛構造をもつ補償質量体112を備えた中央モーター110を有している。中央モーター110に対し、図示のように、補償質量体112と櫛構造とを配置することによって、対称となり、平面内共鳴における駆動と検知の両者を可能とする。この図示された実施例において、検知電極114とトルク電極116は、振動する補償質量体112の直下に配置されている（図1に示す支持電極22, 24の下にあるものと対向）。

【0014】さらに、図2に示すように、多数のトーションスプリング118または、たわみ体が、例えば、複数の対の形で、設けられ、トランسفューサの回転軸となる。トーションスプリング118は、装置のセンターに向け内側に位置するアンカーされた領域120を有し、これによって応力を軽減し、面の外の剛性を増やす。アンカーされた領域120を質量体と装置中央へ移すことによって、1本の長いスプリングに対して、曲がりが少ない2本の短いビームまたはスプリングを作用させて剛性を増す。同様に、多数の支持スプリング122が対の形で設けられ、質量体112を両側から支持する。

【0015】図3に示す実施例においては、対称の補償質量体を設置し、装置の中央から外方へ向けて延び、アンカーされた領域126に達する支持スプリング124を含む。図示されたレイアウトは、共鳴モードと振動をセットにした利点があり、製造コントロールが厳密になってチューニングフォークモードをアウトプット傾きモード共鳴振動数から5%外れるようにマッチさせることができる。好ましくは、該構造は、駆動ならびに検知共鳴振動数が5%離れていて、カップリングならびに一致した非直線性、さらに、約3個の信号のファクターによる装置のノイズレシオに対する増加なしに、検知軸における共鳴に近い機械的ゲインが得られる。

【0016】図示のように、図3の実施例は、トルクおよび検知電極128, 130それを組み込んでいるもので、これら電極は、補償質量体112の下に共通の

重心をもつように作られている。トルク電極128は、補償質量体112の下のセンターに位置するように作られ、この質量体は、十分なギャップをもって近くに配置された検知電極130を有している。共通の重心によって、中央の電界がトルク電極によりブルーフ(補償)質量体へ加えられる力の実質的に対称な線を容易に結果し、容量的に検知されたアウトプットをより対称にする。

【0017】図4、図5および図6は、この発明による別の実施例を示す。図4は、対称補償質量体ジャイロスコープ・トランステューサの片持ち方式を示す。シングルのアンカーされた支持ポイント134から延びる1対のたわみ体132がシングルの支持スプリング136を介してトランステューサ要素を支持する。図示された片持ちの実施例は、ここで述べる装置と同じ機能を有している。

【0018】図5は、この発明による多数のジャイロスコープトランステューサが多数の軸で出力するようになることができるることを示す。この図示された実施例においては、4つの対称のトランステューサが設けられて、二つのチューニングフォークジャイロを位相から180°振動させる。回転は、X軸とY軸両者について検知される。このような構造は、極めて直線のスプリング曲がりとなるモード形状を満たす。

【0019】図6は、コンパクトなスペース内で付加された水平コンプライアンスを発す実施例を示す。一対の補償質量体が多数の折り曲げられた支持スプリング140を介して取り付けられている。補償質量体それぞれは、左右対称のトルクおよび検知電極を有し、前記電極は、前記したように、下側に共通の重心を有している。スプリング140は、図6に示すように、または、他の形状に折り曲げられ、スプリングそれぞれを小型化しながら、面内(インプレーン)方向におけるコンプライアンスを大きくするものである。

【0020】図7は、ポリシリコンまたはニッケルや金のような金属化のいずれかのブリッジ構造技術により作られた図1の構造の一例を示す。図7は、アッセンブリー16について、たわみ体28、26を通る軸線にそろが、基板14と面12については、電極54、60を通る線で切断した断面を示す。図7に示すように、検知電極54、56は、表面層12の下に示され、酸化層は、表面層の上に示され、それらは、前記米国特許と特許出願に開示されているようなフォトリトグラフ技術による初期処理シーケンスにおいて、基板14の上の酸化層の選択された孔を介して高強度のボロン拡散を行って形成され、高導電性P+領域を作るものである。層12の上に、ブリッジ構造のアッセンブリー16が作られ、該ブリッジ構造においては、ピラー28、30が上に持ちあげられ、層12とアッセンブリー16との間の領域82に誘電層または抵抗層が介在するもので、これは、前記

した特許並びに特許出願に開示のフォトリトグラフ・マイクロファブリケーション技術手段が利用される。

【0021】アッセンブリー16を金属化処理する場合は、まず最初、層12の上面と領域82におけるスペースの上にメッキ層が施され、ついで、電鋳工程が使用されてアッセンブリー16、接点34、32および支持ピラー28、30が電気めつきされ、同様に、類似のブリッジング技術によって、接点リード線および支持体50、52、48、44、46にそって駆動ならびに被駆動電極40、42および36、38を形成する。めっき後、電気接触アンダーレイナーがエッチングされて、図1に示す隔離された金属構造体が残される。

【0022】ポリシリコン構成の場合、前記図示の例と同様に、フォトリトグラフ技術を用いた同様の加工処理が行われるが、金属に形成の要素を同じパターンのポリシリコンのスパッタ拡散に置き換える。

【0023】重り74、76は、振動要素18、20と一体の構造または別体の構造であってもよく、別体の場合は、シリコン、ポリシリコン、金属化処理または公知の高密度重りエレメントから作られる。

【0024】図8を参照すると、図8には、別構造の樹形駆動チューニングフォーク慣性率センサーが示されているもので、図1に示されたものと同じ要素には、図1のものと同一の符号に符号'を付し、説明を省略する。図9は、図7におけると同様のセクションで切断した図8の実施例の断面図である。図8の実施例のものは、マイクロメカニカル製造技術により製造されたもので、シングルの半導体チップにボロンP+ドーパントの選択的拡散で作られている。基板14においては、検知電極54'、60'が拡散されたオリジナルの表面層12'の上に、エピタキシャル成長された単層または複層のシリコン層13が存在し、そこにアッセンブリー16'が設けられている。アッセンブリー16'を作るには、選択的拡散により、振動要素18'、20'、支持電極22'、24'、被駆動電極38'、36'、さらには、駆動電極40'、42'および支持電極44'、46'のパターンで作られる。別個の浅い拡散を用いて、たわみ体26'、28'およびエピタキシャル成長の層13への、それらの延長部と支持体29'、30'が作られる。金属化処理部32'、34'は、支持体29'、30'を介してアッセンブリー16'へ通電することで作られる。拡散処理の後、選択的エッチング技術を用いて、アッセンブリー16'をエピタキシャル層13からリリーズし、図示のようにピット84を残す。

【0025】駆動電極と被駆動電極36、38、40、42、36'、38'、40'、42'は、図11に示すように、ボロン拡散で作ると、拡散部分88によって示されるように、角がとれて若干丸くなつた断面形状になる。角を作るには、図12に示すように、反応イオンエッチングによって作るもので、例えば、高密度P+

ボロンドーバントのシングルの拡散を作り、領域 $18'$, $44'$ および介在ゾーン 90 を形成する。ついで反応性イオンエッティングを利用し、フォトリソグラフにより露光されたジグザグパターン 92 を用いて、駆動電極 $40'$ と被駆動電極 $36'$ とに分けられるものの間の領域を腐食する。これによって、駆動電極と被駆動電極との間が接近し、それらの容量が大きく増大し、さらに、重要なことには、例えば、振動要素 $18'$ と支持駆動電極 $44'$ との間の相対振動モーションをもつ容量における変動が大きくなる。これによって、振動要素 18 , $18'$, 20 , $20'$ へカップリングする力がより効果的なものとなる。また、上記図示の製造技術により、振動要素 18 , $18'$, 20 , $20'$ をバルキーで重いものにすることができる、これは、垂直の大部分と、ブレーナーコンポーネントの脱落なしに、質量体 74 , $74'$, 76 , $76'$ へ分け与えることができる付加的な質量体によるものである。この結果、このように作られた装置のノイズレシオに対する感度又はシグナルが改良される。

【0026】図 10 には、図 8 で平面図が示されている装置の製造のための他の例が示されている。この装置は、誘電層 92 に底部不動態化した第 1 の基板 $14"$ (前記部分と同じものであるものには、符号”を付す)の基板ウエルディングから作られる。上面層 $12"$ は、検知電極および/またはトルク電極 $54"$, $60"$ および図示されていないそれらのものを有する。これらは、基板 $14"$ の面 $12"$ の酸化層 94 を介して露光される。この時点では、シリコン基板 96 の上面で高度にドープされたP+層 98 を有する第 2 のシリコン基板が誘電層 94 に面接合される。前記層 98 は、ボンディングのとき、基板 96 の全面に延びるが、図では、完成された構造の最終的な寸法の状態で示してある。ついで、基板 96 がエッティングされる。層 98 には、金属化領域 100 , 102 が形成され、該領域にわたりアルミニ化された層 104 , 106 がめっきされ、シリコン基板 96 がエッティングされた後に残って、高度にドープされた層 98 との電気接点になる。その後、層 98 は、パターン化されて、振動要素 $18'$, $20'$ 、支持電極 $22"$, $24"$ およびたわみ体 $28"$, $30"$ 、被駆動フィンガー 36 , $36"$ 、さらには、駆動フィンガー $40"$, $42"$ および重り $74"$, $76"$ を備えるサスペンションされたアッセンブリー $16"$ となる。

【0027】上記した各種の実施例は、検知し、トルクを与えるセパレートされた電極をもつ構造になっているが、各ブルーフィンについて電極を一つとし、フリケンシー複合多重化によりトルク機能と検知機能の両者を発揮させることもできる。

【0028】さらに、前記の実施例並びに引用した参考技術においては、クローズドループシステムに関して述べたが、前記したジャイロスコープトランステューサの

各種の実施例が、トルクをリバランスさせる必要をなくすために、オープンループで操作可能なものであることは、当業者に明らかである。そのような操作は、ダイナミックレンジを限定するが、装置の操作や電子回路などのコントロールが簡単になる。

【0029】前記した実施例は、この発明を理解するためであって、この発明を限定するものではない。特許請求の範囲を著しく逸脱しない限り、変形、付加などは、すべて、この発明の技術的範囲に包含されるものである。

【0030】

【発明の効果】この発明は、慣性レートセンサーとして、すぐれた効果を發揮する。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一つの実施例におけるマイクロメカニカル(微小作動機械構造)櫛形駆動チューニングフォーク慣性率(イナーシャルレート)センサーの略図的平面図。

【図2】この発明の他の実施例におけるマイクロメカニカル(微小作動機械構造)櫛形駆動チューニングフォーク慣性率(イナーシャルレート)センサーの略図的平面図。

【図3】この発明の他の実施例におけるマイクロメカニカル(微小作動機械構造)櫛形駆動チューニングフォーク慣性率(イナーシャルレート)センサーの略図的平面図。

【図4】この発明の他の実施例におけるマイクロメカニカル(微小作動機械構造)櫛形駆動チューニングフォーク慣性率(イナーシャルレート)センサーの略図的平面図。

【図5】この発明の他の実施例におけるマイクロメカニカル(微小作動機械構造)櫛形櫛形チューニングフォーク慣性率(イナーシャルレート)センサーの略図的平面図。

【図6】この発明の他の実施例におけるマイクロメカニカル(微小作動機械構造)櫛形駆動チューニングフォーク慣性率(イナーシャルレート)センサーの略図的平面図。

【図7】図1の構造の要部切断側面図。

【図8】この発明の他の実施例におけるマイクロメカニカル(微小作動機械構造)櫛形駆動チューニングフォーク慣性率(イナーシャルレート)センサーの略図的平面図。

【図9】図8に示された櫛形駆動チューニングフォーク慣性率(イナーシャルレート)センサーの構造の要部切断側面図。

【図10】この発明の他の実施例におけるマイクロメカニカル(微小作動機械構造)櫛形チューニングフォーク慣性率(イナーシャルレート)センサーの構造の要部切断側面図。

【図11】 電極製造のための電極の一つの形態を示す断面図。

【図12】 この発明の一つの製造工程により、櫛の歯状のフィンガーをもつ駆動電極と被駆動電極を作る工程における説明図である。

【符号の説明】

- 1 2 ……シリコン基板の面
- 1 4 ……シリコン基板
- 1 6 ……回転構造体（アッセンブリー）
- 1 8 ……第1の振動要素
- 2 0 ……第2の振動要素
- 2 2, 2 4 ……支持電極
- 2 6, 2 8 ……たわみ体
- 2 9, 3 0 ……支持ピラー
- 3 2, 3 4 ……面電極
- 3 6, 3 8 ……被駆動電極フィンガー
- 4 0, 4 2 ……駆動電極
- 4 8 ……電気パス
- 5 0, 5 2 ……電気接点
- 5 4, 5 6, 5 8, 6 0 ……検知電極
- 6 2 ……バイアス
- 6 4, 6 6, 6 8, 7 0 ……接点

7 2 ……検知電子回路

7 4, 7 6 ……質量体

7 8, 8 0 ……応力除去（軽減）スロット

9 0 ……ゾーン

9 2 ……ジグザグパターン

9 6 ……シリコン基板

9 8 ……P+層

1 0 0, 1 0 2 ……金属化領域

1 0 4, 1 0 4 ……アルミ化された層

10 1 1 0 ……中央モーター

1 1 2 ……補償質量体

1 1 4 ……検知電極

1 1 6 ……トルク電極

1 1 8 ……トーションスプリング

1 2 0 ……アンカーされた領域 1 2 0

1 2 2 ……支持スプリング

1 3 0 ……検知電極

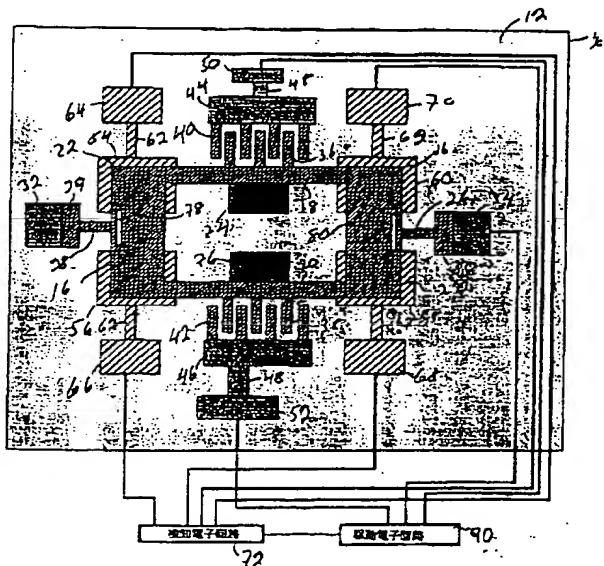
1 3 2 ……たわみ体

1 3 4 ……支持ポイント

20 1 3 6 ……支持スプリング

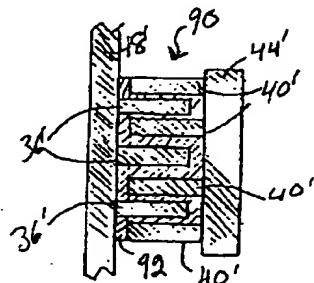
1 4 0 ……支持スプリング

【図1】

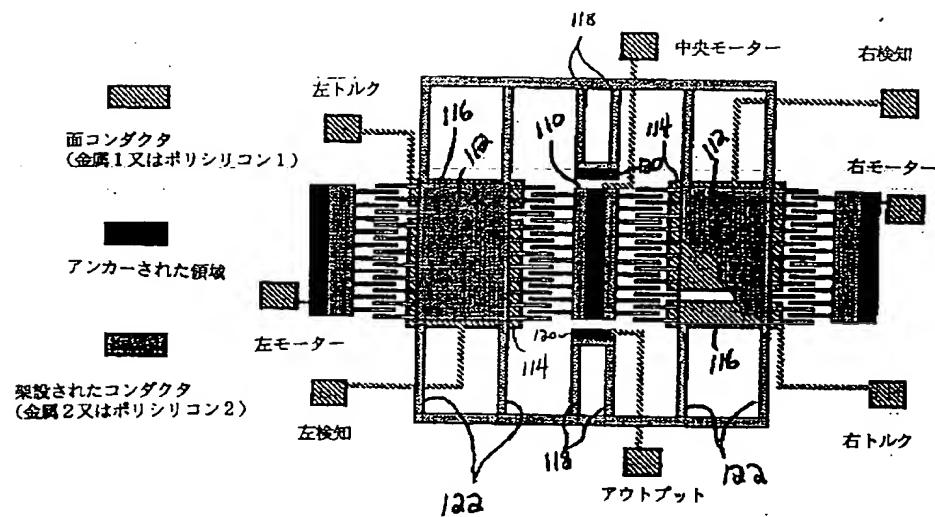


【図11】

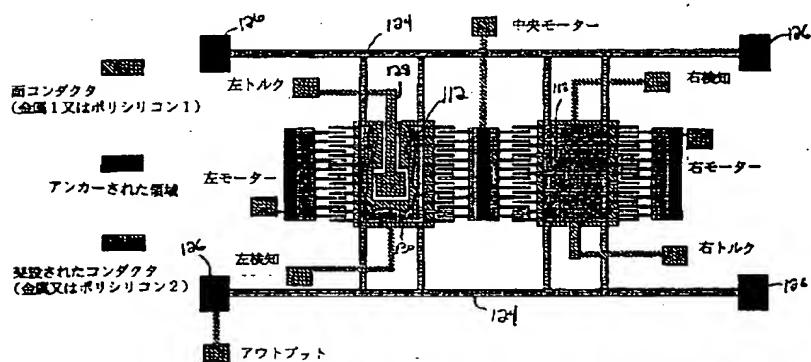
【図12】



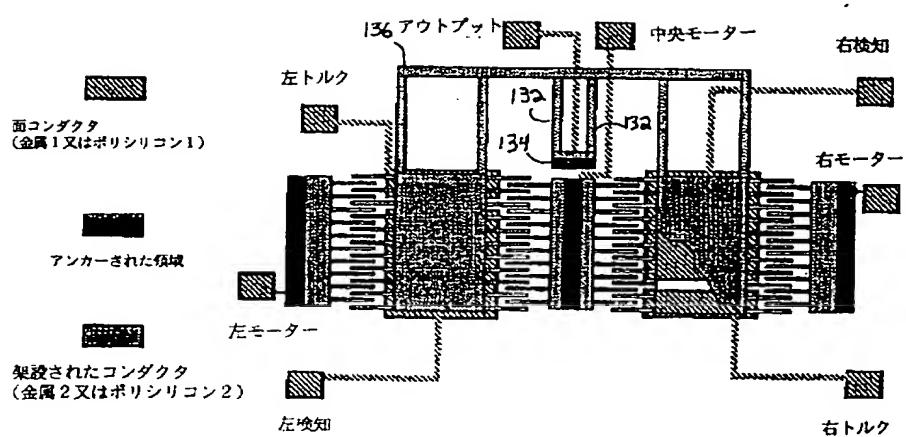
【図2】



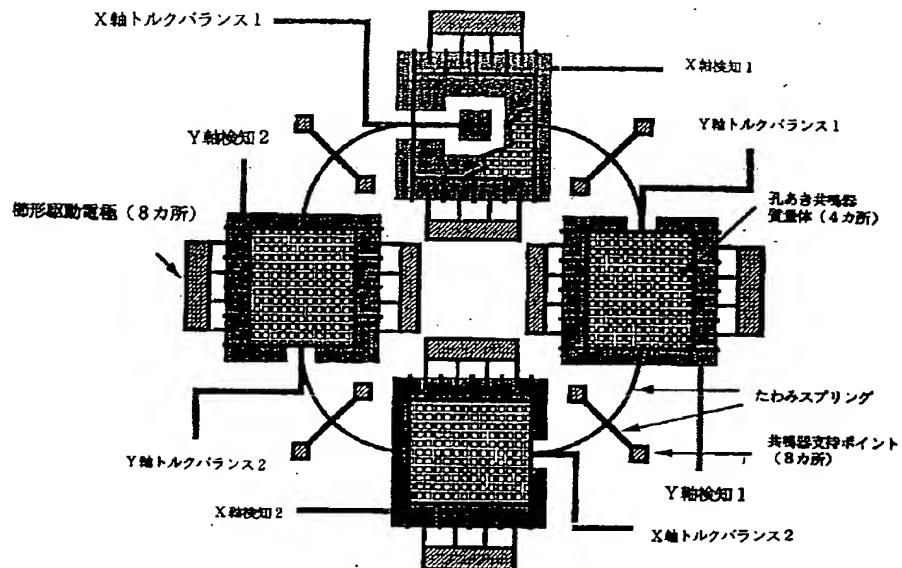
【図3】



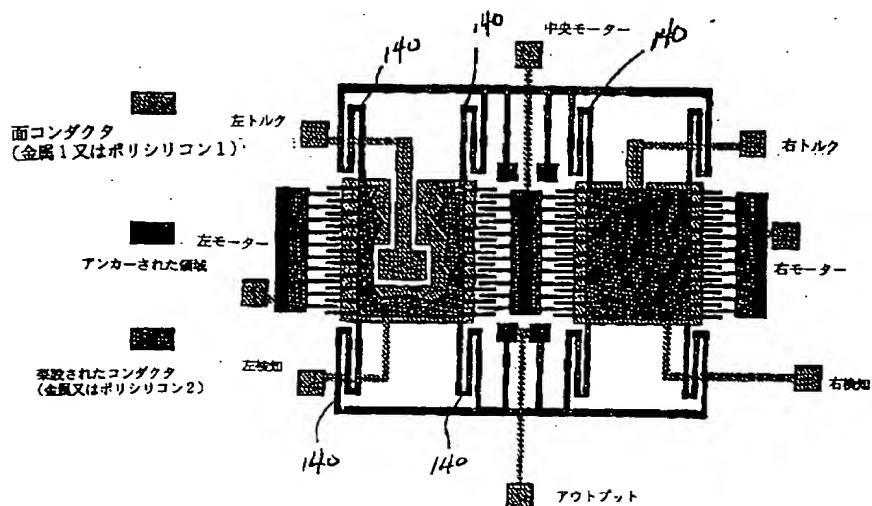
【図4】



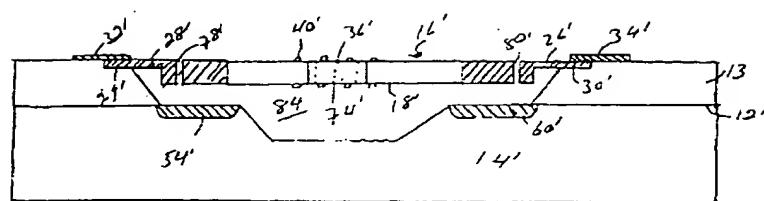
【図5】



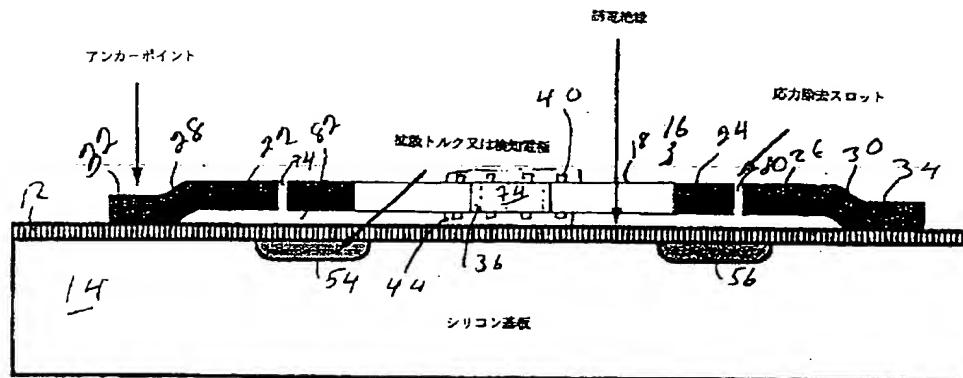
【図6】



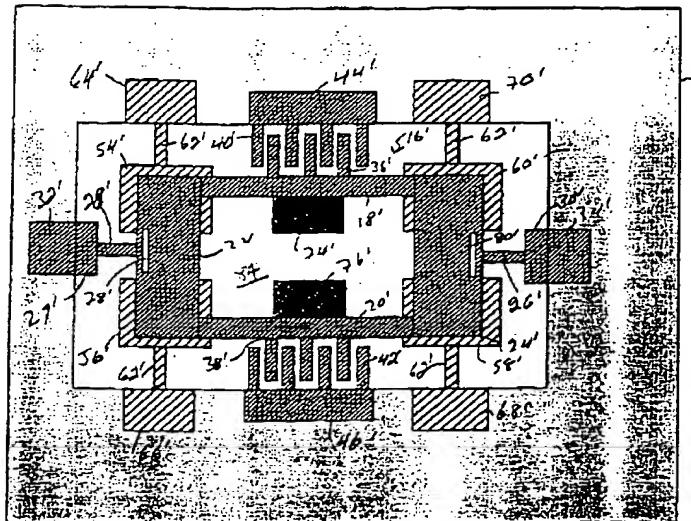
【図9】



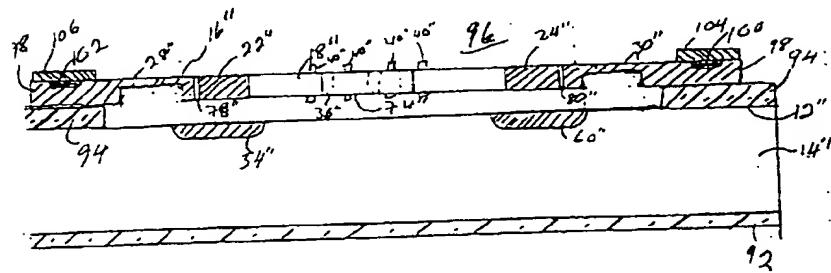
〔図7〕



【図8】



〔四一〇〕



フロントページの続き

(72) 発明者 マーク エス. ウィンバーグ
アメリカ合衆国 02192 マサチューセッ
ツ州 ニーダム ブロード メドウ ロー
ド 119